



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101881925 A

(43) 申请公布日 2010. 11. 10

(21) 申请号 201010189589. 6

(22) 申请日 2010. 06. 02

(71) 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路
3888 号

(72) 发明人 鱼卫星 张登英 卢振武 孙强

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 陶尊新

(51) Int. Cl.

G03F 7/00 (2006. 01)

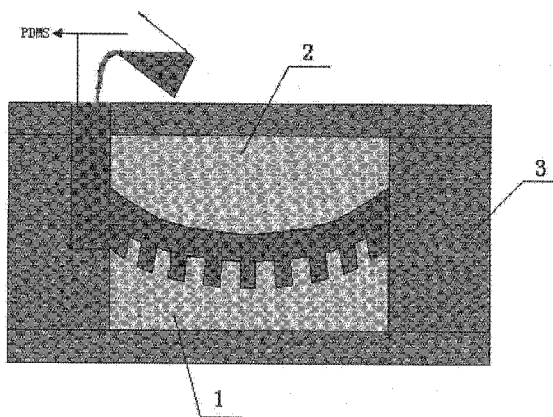
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种在三维任意曲面上复制微纳结构的方法

(57) 摘要

一种在三维任意曲面上复制微纳结构的方法, 涉及微纳加工领域, 它解决了现有获得微纳结构的方法步骤繁多, 且加工过程费时, 不适合大口径大批量加工的问题, 本发明的方法为: 将柔性模板紧密贴到涂覆有高分子薄膜的三维曲面基底表面, 然后对所述三维曲面基底表面在 140℃ 的温度下加热 30 分钟后, 所述高分子薄膜在毛细力的作用下流向柔性模板的空腔; 然后将三维曲面基底表面的温度下降至室温, 获得采用毛细力光刻的固定的微纳结构形状; 所述的柔性模板和三维曲面基底表面分离, 获得三维曲面上的微纳结构。本发明适用于微细加工、微纳制造领域等。



1. 一种在三维任意曲面上复制微纳结构的方法,其特征是,该方法由以下步骤完成:
步骤一、将柔性模板(4)紧密贴到涂覆有高分子薄膜(5)的三维曲面基底(2)表面,然后对所述三维曲面基底(2)表面进行加热,加热温度由室温上升至140℃;
步骤二、对步骤一所述的三维曲面基底(2)表面在140℃的温度下加热30分钟,所述高分子薄膜(5)在毛细力的作用下流向柔性模板(4)的空腔;
步骤三、将步骤二所述的三维曲面基底(2)表面的温度下降至室温,获得固定的微纳结构形状;
步骤四、将步骤一所述的柔性模板(4)和步骤三所述的三维曲面基底(2)表面分离,获得三维曲面上的衍射光栅。
2. 根据权利要求1所述的一种在三维任意曲面上复制微纳结构的方法,其特征在于,步骤一所述的柔性模板(4)的材料为PDMS。
3. 根据权利要求2所述的一种在三维任意曲面上复制微纳结构的方法,其特征在于,所述PDMS由单体分子和聚合剂混合而成;所述单体分子和聚合剂的体积比为10:1。
4. 根据权利要求1或2或3所述的一种在三维任意曲面上复制微纳结构的方法,其特征在于,步骤一所述的柔性模板(4)的制作过程为:
步骤A、将表面具有微纳结构的三维曲面母版(1)与三维曲面基底(2)置于刚性腔体(3)中,所述三维曲面母版(1)与三维曲面基底(2)的间隔为0至500微米之间;
步骤B、将PDMS放到真空腔体内采用真空泵进行抽气,时间为10分钟,获得除去气泡后的PDMS液体;
步骤C、将步骤B获得的PDMS液体沿着步骤A所述的刚性腔体(3)的预留孔注入三维曲面母版(1)和三维曲面基底(2)之间的空隙中;然后对三维曲面基底(2)进行加热,获得固化的PDMS;
步骤D、将步骤C获得固化的PDMS从三维曲面基底(2)与三维母版中分离;获得柔性模板(4)。
5. 根据权利要求4所述的一种在三维任意曲面上复制微纳结构的方法,其特征在于,步骤C所述的对三维曲面基底(2)进行加热的时间为两小时,加热的温度为65℃。
6. 根据权利要求4所述的一种在三维任意曲面上复制微纳结构的方法,其特征在于,步骤D获得的柔性模板(4)与三维曲面母版(1)的形状相同。
7. 根据权利要求4所述的一种在三维任意曲面上复制微纳结构的方法,其特征在于,步骤A所述的三维曲面母版(1)与三维曲面基底(2)的形状相同。
8. 根据权利要求4所述的一种在三维任意曲面上复制微纳结构的方法,其特征在于,步骤A所述的刚性腔体(3)的材料为玻璃或者金属。
9. 根据权利要求1所述的一种在三维任意曲面上复制微纳结构的方法,其特征在于,步骤一所述的加热温度由室温上升至140℃的过程中对温度进行控制,所述控制温度的方法为:在温度由室温每次上升15℃后,保持10分钟的恒温状态。
10. 根据权利要求1所述的一种在三维任意曲面上复制微纳结构的方法,其特征在于,步骤一所述的高分子薄膜(5)为Shipley光刻胶。

一种在三维任意曲面上复制微纳结构的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及微纳加工领域,具体涉及在三维任意曲面上复制微纳结构的方法。

背景技术

[0002] 目前,毛细力光刻的研究是国际上的一个研究热点,主要集中于在二维平面基底上如何通过毛细力作用实现纳米结构的制作。对于应用毛细力光刻于三维曲面上的微纳结构的制作,目前尚未见公开报道。

[0003] 现有的在三维曲面上进行微纳加工的方法中最有效的是激光直写技术。该方法利用激光焦斑在曲面上进行扫描,使得涂覆于曲面上的光刻胶被曝光从而得到所需要的图形。其优点是可以得到任意图形,缺点在于加工过程极其缓慢不适合大口径大批量加工的需要。其它方法包括激光全息干涉法,软光刻方法,贴花转印方法(Decal Transfer Lithography)等,这些方法各有优缺点,受限颇多。

[0004] 而对于三维曲面上微纳结构的复制,目前可用的方法非常贫乏,其中的一个方法是通过在模板上镀上一层油膜,然后再通过压印、固化以及分离等步骤才能实现微纳结构的复制,该方法步骤繁多、加工过程漫长。

发明内容

[0005] 本发明为解决现有获得微纳结构的方法步骤繁多,且加工过程费时,不适合大口径大批量加工的问题,提供一种在三维任意曲面上复制微纳结构的方法;该方法由以下步骤实现:

[0006] 步骤一、将柔性模板紧密贴到涂覆有高分子薄膜的三维曲面基底表面,然后对所述三维曲面基底表面进行加热,加热温度由室温上升至 140℃;

[0007] 步骤二、对步骤一所述的三维曲面基底表面在 140℃ 的温度下加热 30 分钟,所述高分子薄膜在毛细力的作用下流向柔性模板的空腔;

[0008] 步骤三、将步骤二所述的三维曲面基底表面的温度下降至室温,获得固定的微纳结构形状;

[0009] 步骤四、将步骤一所述的柔性模板和步骤三所述的三维曲面基底表面分离,获得三维曲面上的衍射光栅。

[0010] 本发明的有益效果:本发明通过使用柔性曲面模板,利用毛细力光刻的方法,将母版上的微纳结构快速高保真的复制到三维曲面基底上去,本发明所述方法加工过程简单、快速,可以在一小时左右完成,所用的柔性模版成本低廉,可多次重复使用。

附图说明

[0011] 图 1 为本发明的一种在三维任意曲面上复制微纳结构的的方法的柔性模板的制作示意图。

[0012] 图 2 为本发明的一种在三维任意曲面上复制微纳结构的的方法的毛细力光刻工作

原理图；(a)、柔性模板、高分子薄膜和三维曲面基底在未加热状态的示意图；(b)、柔性模板与三维曲面基底在加热后完全接触的示意图。

[0013] 图 3 为本发明采用原子力显微镜测得的作为三维曲面母版的三维曲面衍射光栅图；

[0014] 图 4 为本发明的柔性模板上的衍射光栅效果图；

[0015] 图 5 为本发明的三维曲面基底上复制得到的衍射光栅效果图。

[0016] 图中：1、三维曲面母版，2、三维曲面基底，3、刚性腔体，4、柔性模板，5、高分子薄膜。

具体实施方式

[0017] 具体实施方式一：一种在三维任意曲面上复制微纳结构的方法，由以下步骤完成：

[0018] 步骤一、将柔性模板 4 紧密贴到涂覆有高分子薄膜 5 的三维曲面基底 2 表面，然后对所述三维曲面基底 2 表面进行加热，加热温度由室温上升至 140℃；

[0019] 步骤二、对步骤一所述的三维曲面基底 2 表面在 140℃ 的温度下加热 30 分钟，所述高分子薄膜 5 在毛细力的作用下流向柔性模板 4 的空腔；

[0020] 步骤三、将步骤二所述的三维曲面基底 2 表面的温度下降至室温，获得固定的微纳结构形状；

[0021] 步骤四、将步骤一所述的柔性模板 4 和步骤三所述的三维曲面基底 2 表面分离，获得三维曲面上的衍射光栅。

[0022] 本实施方式中步骤一所述的柔性模板 4 的材料为聚二甲基硅烷，简称：PDMS，所述 PDMS 由单体分子和聚合剂混合而成；所述单体分子和聚合剂的体积比为 10：1。

[0023] 本实施方式中步骤一所述的加热温度由室温上升至 140℃ 的过程中对温度进行控制，所述控制温度的方法为：在温度由室温每次上升 15℃ 后，保持 10 分钟的恒温状态。

[0024] 本实施方式中步骤一所述的高分薄膜为 Shipley 光刻胶。

[0025] 具体实施方式二：结合图 1 说明本实施方式，本实施方式与实施方式一所述的一种在三维任意曲面上复制微纳结构的方法的区别在于，步骤一所述的柔性模板 4 的制作过程为：

[0026] 步骤 A、将表面具有微纳结构的三维曲面母版 1 与三维曲面基底 2 置于刚性腔体 3 中，所述三维曲面母版 1 与三维曲面基底 2 的间隔为 0 至 500 微米之间；

[0027] 步骤 B、将 PDMS 放到真空腔体内采用真空泵进行抽气，时间为 10 分钟，获得除去气泡后的 PDMS 液体；

[0028] 步骤 C、将步骤 B 获得的 PDMS 液体沿着步骤 A 所述的刚性腔体 3 的预留孔注入三维曲面母版 1 和三维曲面基底 2 之间的空隙中；然后对三维曲面基底 2 进行加热，获得固化的 PDMS；

[0029] 步骤 D、将步骤 C 获得固化的 PDMS 从三维曲面基底 2 与三维母版中分离；获得柔性模板 4。

[0030] 本实施方式中步骤 C 所述的对三维曲面基底 2 进行加热的时间为两小时，加热的温度为 65℃。

[0031] 本实施方式中步骤 D 获得的柔性模板 4 与三维曲面母版 1 形状相同。

[0032] 本实施方式中步骤 A 所述的三维曲面母版 1 与三维曲面基底 2 形状相同。

[0033] 本实施方式中步骤 A 所述的刚性腔体 3 的材料可以为玻璃、塑料或者金属等。

[0034] 具体实施方式三：结合图 1 说明本实施方式，本实施方式为具体实施方式二的实施例：

[0035] 将表面具有微纳结构的三维曲面母版 1 和与所述三维曲面母版 1 共形的三维曲面基底 2 置于同一刚性腔体 3；控制两者之间的共面性和间隔，确保两者高度共形并且使得两者之间的空隙足够小，典型的数值在 500 微米左右，从而保证复制得到的柔性模板 4 不但与三维曲面母版 1 高度共形并且其厚度足够小。实验中观察到当柔性模板 4 的厚度足够小时，柔性模板 4 可以很好地吸附在三维曲面基底 2 表面上，从而使得在毛细力光刻过程中，柔性模板 4 不会和三维曲面基底 2 发生局部甚至大面积的分离。

[0036] 所述柔性模板 4 的材料采用聚二甲基硅烷 (PDMS) 或者其它表面能量足够低可以使得柔性模板 4 和高分子薄膜 5 在无压或者非常小的压力下就能够紧密接触的材料制成。PDMS 为购自美国康宁公司 (Corning) 的 Sylgard184，该材料有两部分即 PDMS 单体分子和聚合剂以 10 : 1 的体积比混合而成。在充分混合后，需要去除 PDMS 液态流体里面的气泡，一般是把 PDMS 放到真空腔体中利用真空泵抽气 10 分钟左右即可。在去除气泡后，将 PDMS 沿着刚性腔体 3 预留的小孔注入三维曲面母版 1 和三维曲面基底 2 之间的空隙当中，然后置于常温下 24 小时或者在高温下加热一定的时间比如 65℃两个小时，使 PDMS 充分固化。待 PDMS 固化后将 PDMS 从三维曲面基底 2 和三维曲面母版 1 之间分离出来，就得到了共形曲面柔性模板 4，利用该柔性模板 4 通过毛细力光刻就可以在三维曲面基底 2 上制作微纳结构。

[0037] 具体实施方式四：结合图 2、图 3、图 4 和图 5 说明本实施方式，本实施方式为实施方式一的实施例：

[0038] 所述柔性模板 4 上有用于三维曲面基底 2 上进行加工或者复制的微纳结构；该柔性模板 4 所用材料和制作过程与实施方式三相同，当柔性模板 4 和高分子薄膜 5 紧密接触之后，结合图 2(a)，加热高分子薄膜 5 至温度稍高于其玻璃化转变温度，从而使得高分子薄膜 5 处于熔融状态而可以流动。此时熔融高分子薄膜 5 就会在毛细力的作用下流进柔性模板 4 的空腔当中，同时柔性模板 4 会朝三维曲面基底 2 方向逐渐地移动；当柔性模板 4 上突出的微纳结构下端的高分子薄膜 5 材料在完全流入柔性模板 4 的空腔时，柔性模板 4 停止移动并与三维曲面基底 2 完全接触；结合图 2(b)，然后缓慢地加热该基底，由于使用的 Shipley 光刻胶的玻璃化温度在 120℃左右，所以加热该三维曲面基底 2 使其温度由室温一直上升到 140℃。为了避免温度上升太快致使柔性模板 4 从三维曲面基底 2 表面脱离，控制温度在每上升 15℃后保持 10 分钟的恒温状态；当温度上升到 140℃后，使三维曲面基底 2 在该温度下继续加热 30 分钟左右以便使熔融光刻胶在毛细力的作用下充分流向柔性模板 4 的空腔；然后再使所述三维曲面基底 2 温度缓慢下降至室温，这样通过毛细力光刻制作的微纳结构形状便得以固定下来，最后再把柔性模板 4 和三维曲面基底 2 分离，从而在凹形曲面上得到衍射光栅。

[0039] 本实施方式为了保证柔性模板 4 和三维曲面基底 2 的紧密接触，可以对所述柔性模板适当施加微力但要保证柔性模板 4 上突出的微纳结构不致变形，结合图 3 至图 5，可以

看到三维曲面母版 1 上的衍射光栅被成功地复制到了凹形曲面基底上,并且由于复制得到的衍射光栅是由毛细力光刻中熔融光刻胶的流动形成的,从而使得其表面看起来比三维曲面母版 1 稍显光滑。

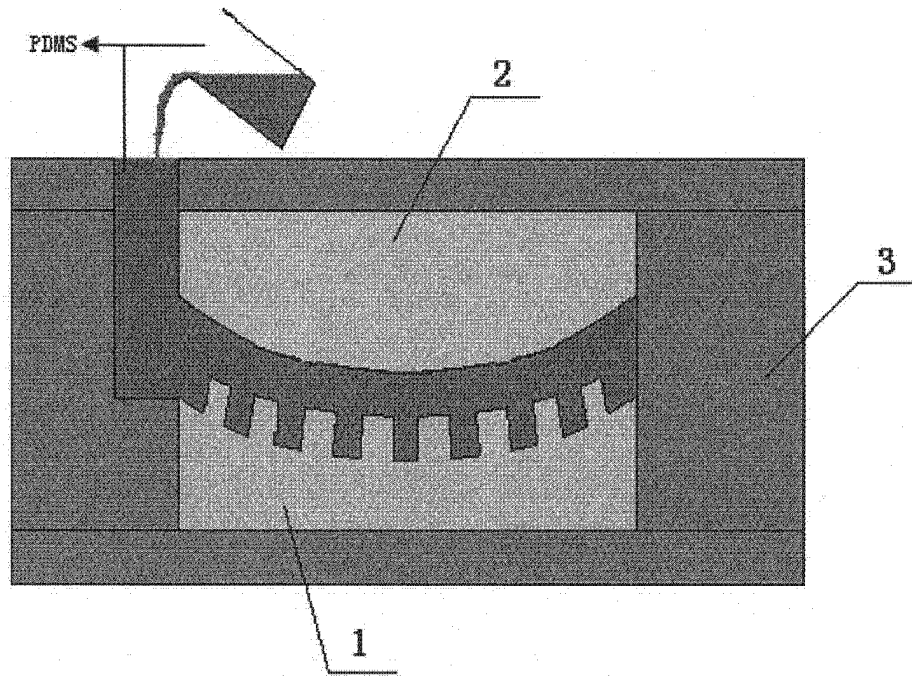


图 1

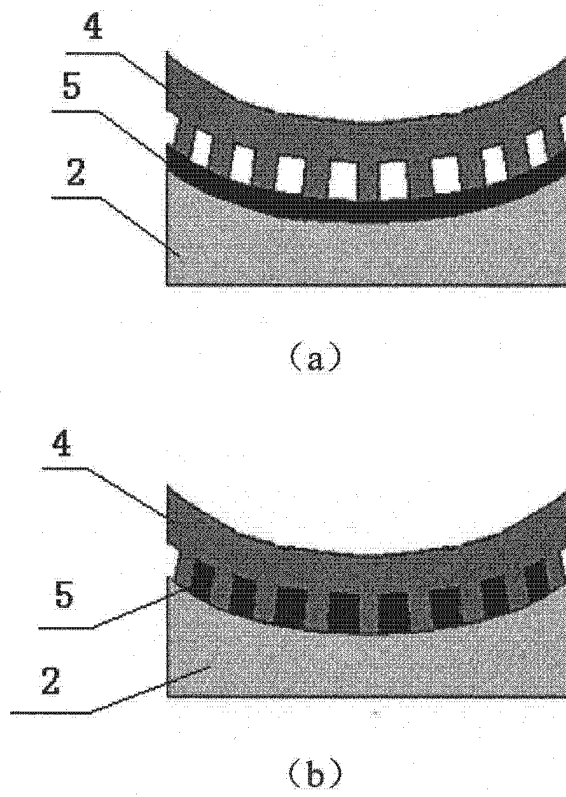


图 2

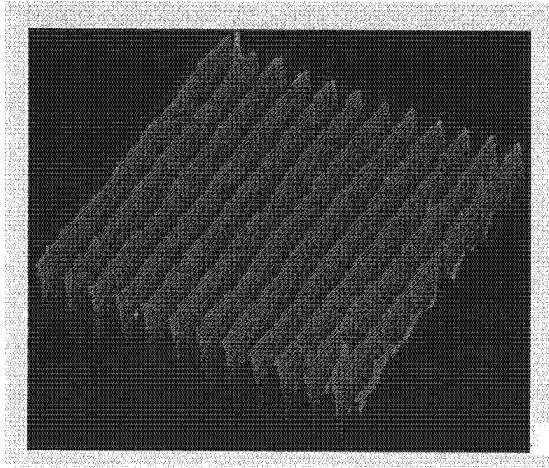


图 3

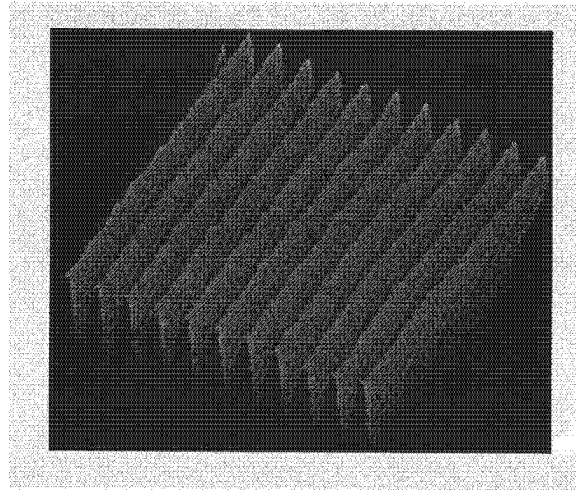


图 4

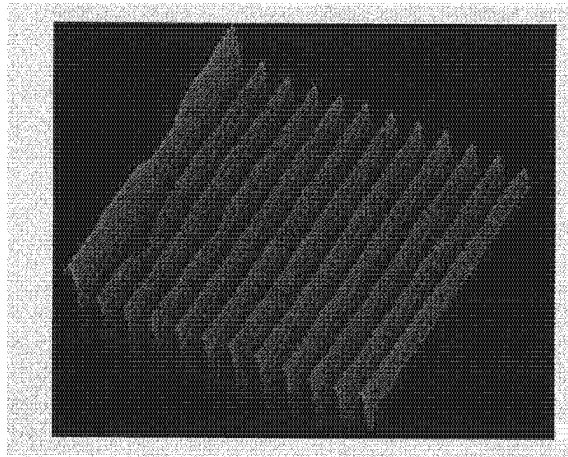


图 5